







## Impacto Hidrológico de la Infraestructura Vial Rural Sobre la Dinámica de la Cuenca Polvorín-Palometa

Lucas E. Álvarez<sup>1,\*</sup> , Guillermo J. Mendez<sup>1, 2, 3</sup> , Alejandro R. Ruberto<sup>2,3</sup> , Jorge V. Pilar<sup>1, 2, 3</sup> ,  
Marcelo J. M. Gómez<sup>2,3</sup> , Carlos A. Depettris<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Administración Provincial del Agua (APA). Departamento de Proyectos y Evaluación. Chaco, Argentina

<sup>2</sup> Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ingeniería. Chaco, Argentina

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ingeniería. Misiones, Argentina.

e-mails: [emmanuel72018@hotmail.com](mailto:emmanuel72018@hotmail.com), [guillermo.mendez@ing.unne.edu.ar](mailto:guillermo.mendez@ing.unne.edu.ar),  
[jvpilar@gmail.com](mailto:jvpilar@gmail.com), [aleruberto44@yahoo.com.ar](mailto:aleruberto44@yahoo.com.ar), [mgichaco@yahoo.com.ar](mailto:mgichaco@yahoo.com.ar), [carlosdepettris@gmail.com](mailto:carlosdepettris@gmail.com)

---

### Resumen

El presente trabajo analiza la problemática hidráulica detectada en el camino Guayaibí, ubicado entre las ciudades de Machagai y Presidencia de la Plaza, en el Chaco. Tras las precipitaciones extraordinarias registradas el 6 de mayo de 2025, se produjeron anegamientos que afectaron la continuidad del escurrimiento y generaron inundaciones en sectores urbanos de Machagai. Mediante la aplicación de una metodología basada en información satelital, estimación de precipitaciones de diseño y modelación hidrológica con HEC-HMS, se evaluaron escenarios sin y con camino. Los resultados muestran que, aun con una correcta adecuación hidráulica, la presencia del terraplén vial provoca reducción de los caudales de salida y un incremento en el tiempo de permanencia de las aguas en áreas anegables, aunque sin variaciones significativas en los niveles de altura debido a la escasa pendiente del terreno. Asimismo, se evidencia que el almacenamiento natural en cañadas, esteros y zonas bajas atenúa los caudales de salida, lo que resalta la necesidad de preservar estos ambientes como parte fundamental de la gestión hídrica en cuencas de llanura.

**Palabras clave** – Hidrología de llanura, Infraestructura vial, Modelación Hidrológica, HEC-HMS

---

### Abstract

*This study analyzes the hydraulic problems observed along the Guayaibí road, located between the towns of Machagai and Presidencia de la Plaza, in Chaco Province. After the extraordinary rainfall recorded on May 6, 2025, flooding occurred that disrupted natural drainage and caused inundations in urban areas of Machagai. By applying a methodology based on satellite data, design rainfall estimation, and hydrological modeling with HEC-HMS, scenarios without and with the road were evaluated. The results show that, even with proper hydraulic adequacy, the presence of the road embankment produces a reduction in outflow discharges and an increase in the residence time of water in flood-prone areas, although without significant variations in water levels due to the low slope of the terrain. Furthermore, natural storage in depressions, wetlands, and low-lying areas was found to attenuate outflows, highlighting the importance of preserving these environments as a key component of water management in lowland basins.*

**Keywords** – Plain Hydrology, Road Infrastructure, Hydrological Modeling, HEC-HMS.

---

## 1. Introducción

Las cuencas hidrográficas del Chaco argentino se desarrollan en una extensa planicie sedimentaria, caracterizada por pendientes muy suaves, en general inferiores a 50 cm/km [1], que condicionan el escurrimiento, con frecuentes anegamientos y acumulaciones temporales en depresiones naturales.

Este fenómeno de anegamiento se ve agravado por la expansión de infraestructuras que alteran el flujo natural, una tendencia que ha sido vinculada recientemente al ascenso de los niveles freáticos y cambios en el uso del suelo en las llanuras argentinas [2]; en este contexto, la infraestructura vial actúa como una barrera física que redefine la conectividad hidrológica del sistema.

Esta morfología genera una hidrodinámica particular donde los excedentes pluviales tienden a almacenarse en esteros, cañadas y paleocauces antes de integrarse a la red de drenaje mayor. Según [3] la llanura chaqueña no constituye un espacio homogéneo, sino que presenta una compleja combinación de humedales, planicies de inundación y sectores de drenaje deficiente, lo que explica la persistencia de fenómenos de inundación aún bajo precipitaciones moderadas.

[4] aborda al entendimiento de la dinámica del agua superficial en zonas rurales, propensas a inundarse y con la napa freática poco profunda (como el caso que nos ocupa) y, aunque el sesgo es hacia el uso agrícola, describe quienes son los generadores de inundación y su impacto.

La cuenca del arroyo Polvorín –Palometa se ubica en el sector centro-oriental de la provincia del Chaco y se desarrolla íntegramente dentro de su territorio, con una superficie de aproximadamente 5.100 km<sup>2</sup>. Sus nacientes se localizan en el centro-oeste de la provincia, desde donde drena en dirección predominante noroeste-sudeste.

El sistema está conformado por los arroyos Polvorín y Palometa, que convergen hacia cursos de mayor jerarquía vinculados al río Paraná, por lo que constituye una cuenca exorreica dentro de los denominados ríos del Chaco oriental. La hidrodinámica del área está fuertemente condicionada por la morfología de planicie: el escurrimiento superficial es lento y se combina con procesos de infiltración y almacenamiento en bajos naturales, generando extensos anegamientos temporales tras eventos de precipitación intensa.

Esta dinámica convierte a la cuenca en un sistema regulador de los excedentes hídricos regionales, donde los esteros y cañadas cumplen un papel clave en la atenuación de los caudales de crecida.

La particular hidrodinámica de la cuenca Polvorín–Palometa, caracterizada por su baja energía de relieve [5] y un escurrimiento superficial lento, con frecuentes almacenamientos intermedios, la convierte en un sistema altamente sensible a la interacción con la infraestructura vial.

En este contexto, la red de caminos rurales y carreteras constituye un factor crítico: aun pequeñas obstrucciones o discontinuidades en el drenaje natural pueden modificar significativamente variables hidrológicas de interés tales como la extensión de las manchas de inundación o la altura de la lámina de agua en zonas bajas.

Esta condición que resalta la vulnerabilidad del sistema frente a obras lineales que interfieren con el flujo y justifica la necesidad de analizar con detalle la relación entre la hidrodinámica de la cuenca y las estructuras de comunicación que la atraviesan.

El camino Guayaibí sintetiza esta problemática: su trazado, al interrumpir parcialmente la continuidad del drenaje, se convierte en un punto crítico que condiciona la propagación de las inundaciones (Fig. 1). Así, el análisis de este caso permite vincular la hidrodinámica general de la cuenca con los efectos locales que producen las obras viales, constituyéndose en un escenario idóneo para evaluar de manera integrada los procesos hidrológicos y la infraestructura rural.

En efecto, durante el evento de precipitaciones extraordinarias registrado el 6 de mayo de 2025, se produjeron anegamientos significativos que impidieron el libre escurrimiento de las aguas y generaron inundaciones en sectores urbanos de Machagai situados aguas arriba.

## **2. Objetivos**

El objetivo de este trabajo es analizar el impacto hidrológico que genera la infraestructura vial rural sobre la dinámica de la cuenca Polvorín–Palometa (Fig. 1), tomando como caso de estudio el camino Guayaibí. Se busca evaluar de qué manera la presencia de esta vía de comunicación modifica las condiciones naturales de escurrimiento y cuáles son las consecuencias hidrológicas derivadas de

su interacción dentro de una planicie de escasa pendiente regional, con especial énfasis en variables críticas, como la extensión de las áreas anegadas y los niveles de lámina de agua aguas arriba del camino.

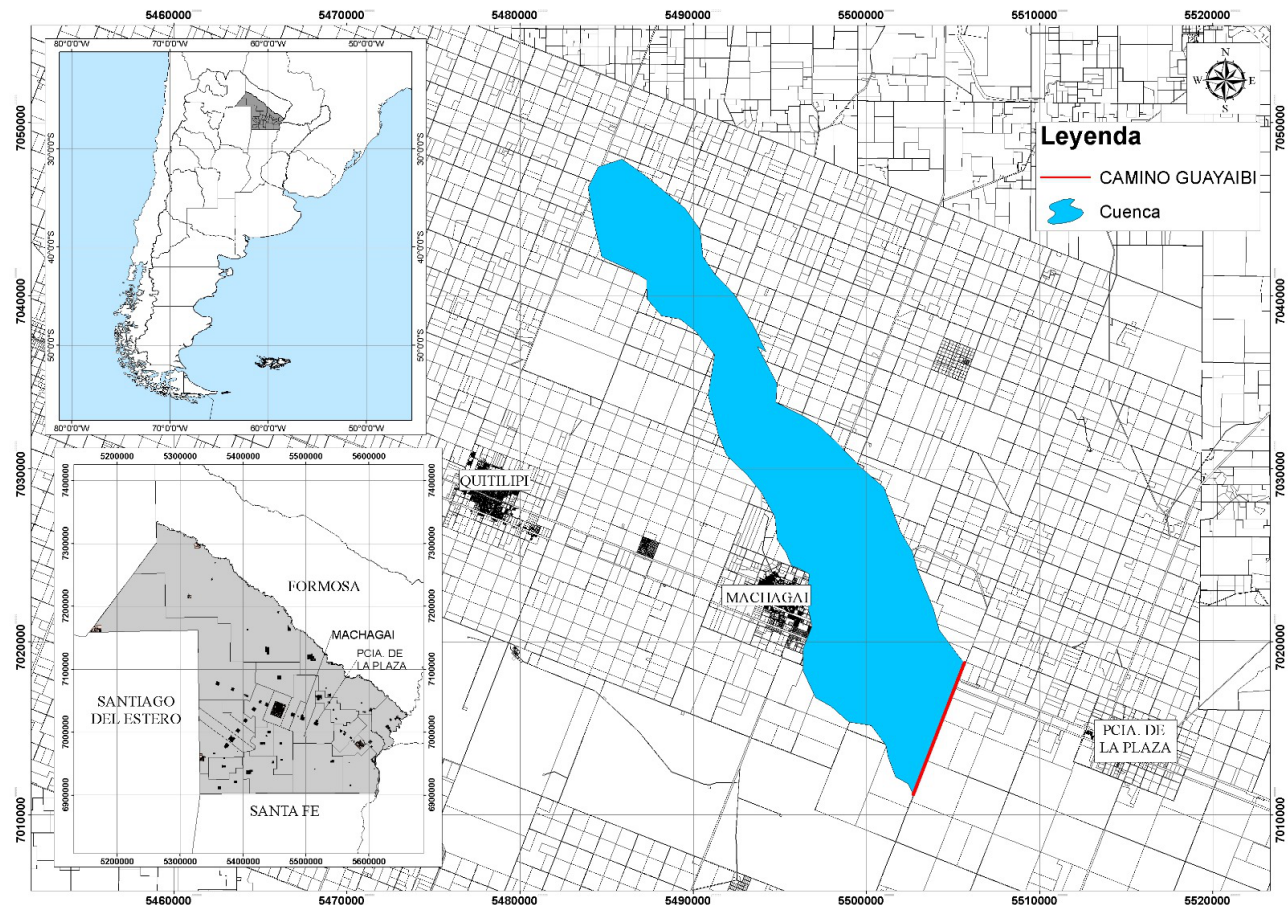


Fig. 1. Ubicación general de la zona de estudio.

### 3. Materiales y Métodos

Se desarrolló una metodología basada en la construcción de un modelo hidrológico representativo de la cuenca, a partir de sus parámetros morfométricos, condiciones de uso del suelo y precipitaciones de diseño, donde el modelo se implementó en el entorno del programa HEC-HMS, lo que permitió reproducir, en condiciones controladas, el comportamiento del sistema ante distintos escenarios. Se analizaron alternativas con y sin adecuaciones hidráulicas en el camino, considerando principalmente la incorporación de obras de paso (alcantarillas) y reservorios de retención.

Este enfoque permitió comparar la respuesta hidrológica de la cuenca frente a la infraestructura vial, aportando una base técnica para el diseño de medidas que mitiguen los efectos de la obstrucción del escurrimiento natural.

El análisis hidrológico se realizó mediante el modelo HEC-HMS (*Hydrologic Modeling System*), desarrollado por el *Hydrologic Engineering Center* (HEC) del *US Army Corps of Engineers*, que permite representar la transformación lluvia–escorrentía en cuencas hidrográficas.

Para ello, se delimitó la cuenca de aporte al camino Guayaibí, determinando su superficie de drenaje y parámetros característicos. El volumen de escorrentía se estimó mediante el método del *Soil Conservation Service* (SCS), que relaciona la precipitación con el número de curva (CN) [6], obtenido

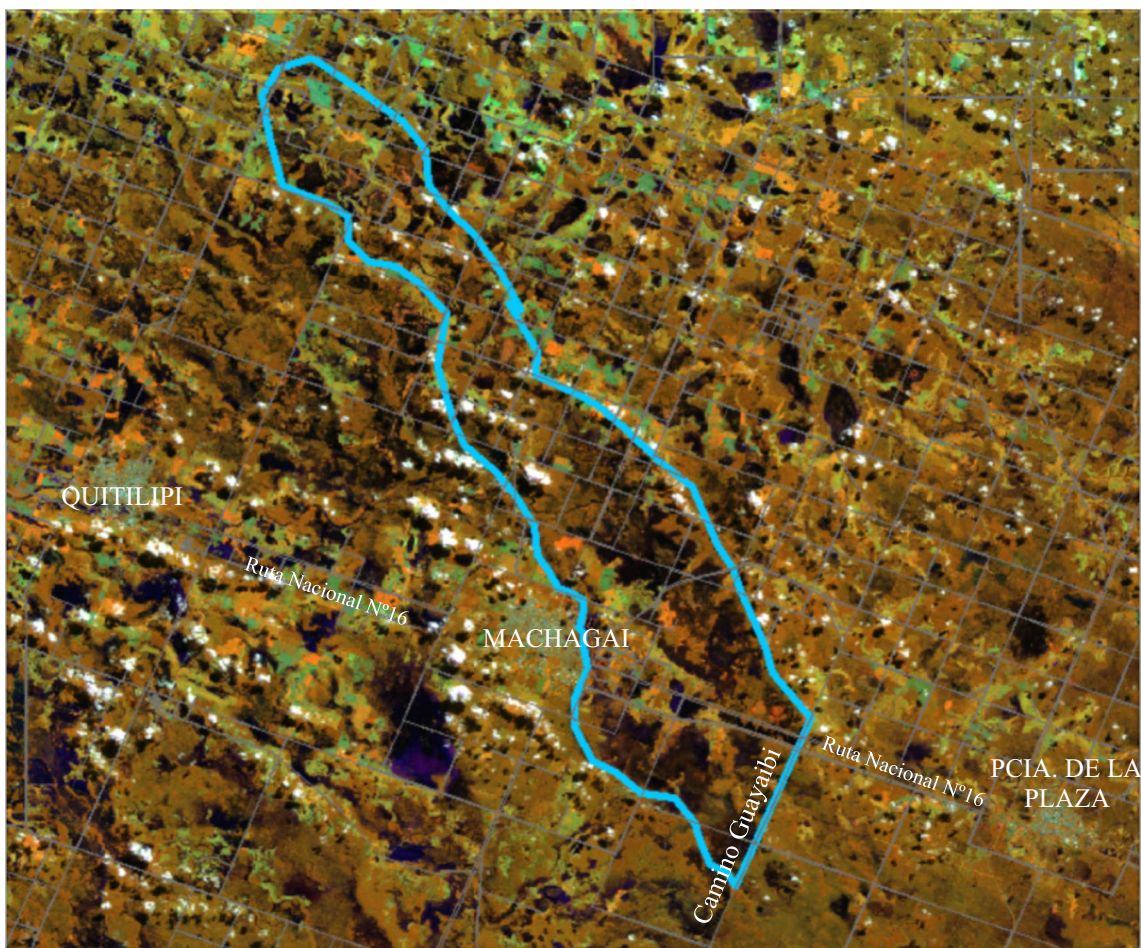
a partir de una clasificación supervisada de imágenes satelitales Sentinel para discriminar los usos del suelo y las coberturas.

El tiempo de concentración de la cuenca se calculó en función de la pendiente media y la longitud hidráulica, lo que permitió generar, con el modelo, el hidrograma de aporte al camino bajo distintos escenarios de precipitación.

Así, el procedimiento incluyó las siguientes etapas:

### 3.1. Delimitación de la cuenca de aporte

La delimitación de la cuenca que descarga hacia el camino Guayaibí se realizó mediante interpretación de imágenes satelitales y curvas de nivel obtenidas de cartografía digital, lo que permitió identificar las divisorias de aguas y estimar la superficie de aporte, de aproximadamente 202,2 km<sup>2</sup>, correspondiente a una subcuenca del sistema Polvorín–Palometa (Fig. 2).



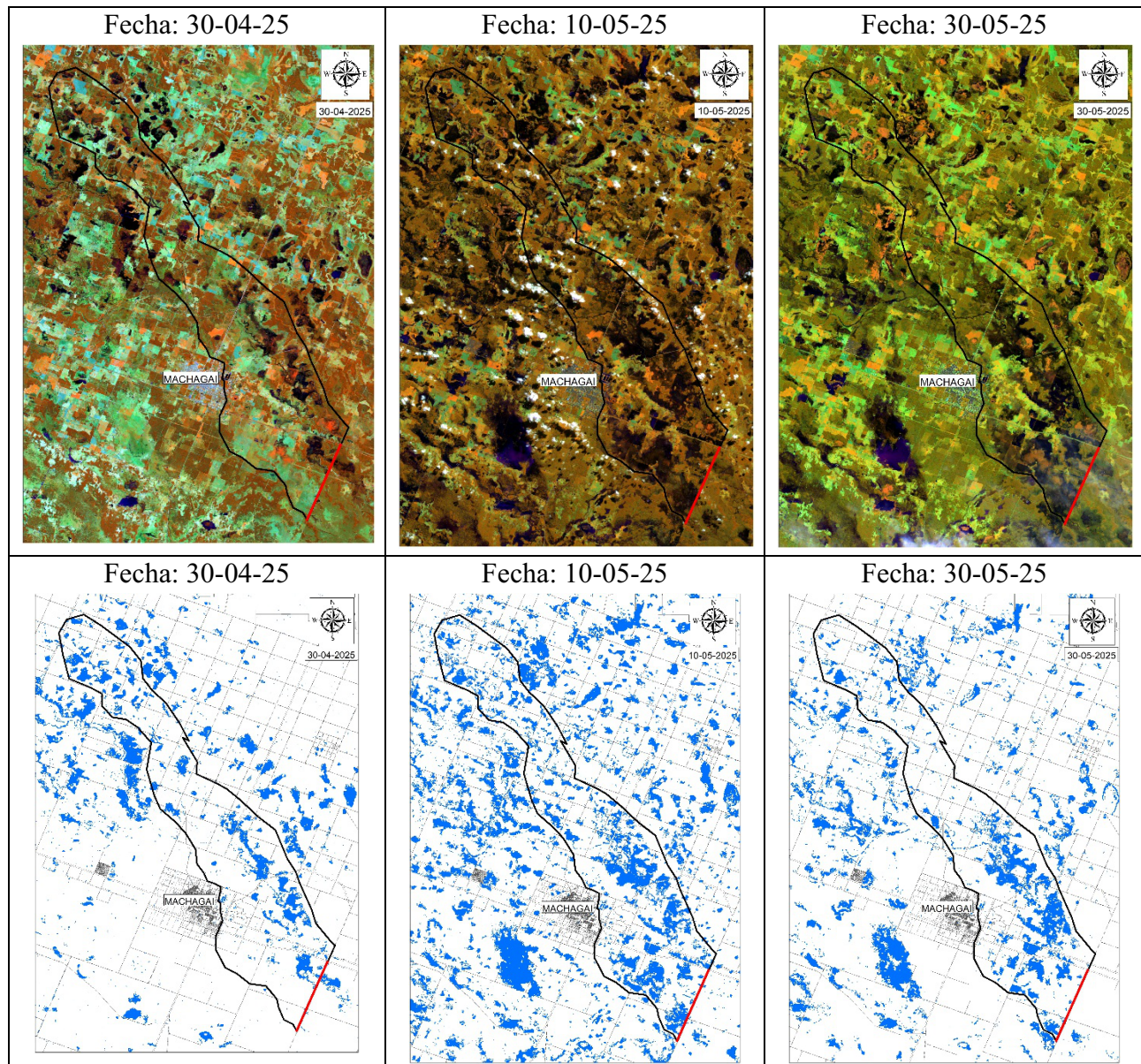
**Fig. 2.** Cuenca de aporte identificada a través de imagen satelital (fuente: Copernicus).

Sin embargo, debe señalarse que, en el contexto de la llanura chaqueña, los parteaguas no se presentan de manera definida, lo que favorece la ocurrencia de transfluencias uni y bidireccionales entre cuencas vecinas. Esto implica que el área de aporte no constituye un límite fijo, sino que puede variar dinámicamente en función de la intensidad y distribución espacial de las precipitaciones, el estado de humedad antecedente de los suelos y los niveles de agua en esteros y cañadas durante los distintos períodos [5].

### 3.2. Hidrodinámica de la cuenca de estudio

Se analizaron las zonas de acumulación y de obstaculización a través de imágenes satelitales Sentinel-2 L2A, en fechas previas a la precipitación y posteriores a la misma, evidenciándose el efecto que produce el camino y que impide el escurrimiento natural del agua.

Se analizaron imágenes desde el 30 de abril hasta el 24 de junio de 2025, con la combinación de bandas B8A-B11-B04, con el fin de resaltar los cuerpos de agua. Luego, se realizó una clasificación supervisada de las imágenes satelitales para observar el avance de los cuerpos de agua, con el fin de identificarlos claramente y evaluar los resultados de los trabajos de limpieza ejecutados, tal como puede observarse en la Fig. 3.



**Fig. 3. Avance de las manchas de inundación durante las precipitaciones de mayo de 2025.**

### 3.3. Evaluación de precipitaciones de diseño

Se utilizaron registros pluviométricos diarios de la localidad de Machagai, con los cuales se realizó el análisis probabilístico de lluvias mediante el programa AF-MULTI, considerando distribuciones teóricas (Log-Gauss, Gumbel, GEV, Pearson, Log-Pearson, Exponencial y Wakeby).

Se evaluaron los Errores Cuadráticos Medios de Frecuencia (ECMF) y el Error Cuadrático Medio de Variable (ECMV) y se adoptó el modelo de Gumbel dado que se presentó considerablemente menor en el ECMF (62% menor) y solo 3% mayor en el ECMV (Tabla 1). Y se determinaron las precipitaciones de diseño asociadas a tiempos de recurrencia de 2 y 5 años (Tabla 2).

**Tabla 1. Errores de cada método.**

	LOGGAUSS	<b>GUMBEL</b>	GEV	PEARSON	LOGPEARSON	EXPONENC.	WAKEBY
ECMF	0,029	<b>0,0259</b>	0,0215	0,0227	0,0364	0,068	0,068
ECMV	8,03	<b>7,77</b>	8,09	8,72	11,37	7,56	7,56

**Tabla 2. Precipitaciones máximas diarias de cada método y su tiempo de recurrencia.**

TR (años)	LOGGAUSS	<b>GUMBEL</b>	GEV	PEARSON	LOGPEARSON	EXPONENC.	WAKEBY
2	91,1	<b>91,8</b>	93,4	95,1	96,7	86,1	94,6
5	126,5	<b>127,1</b>	128,8	129,8	134,2	122,6	125,7

### 3.4. Determinación del uso del suelo y Curva Número (CN)

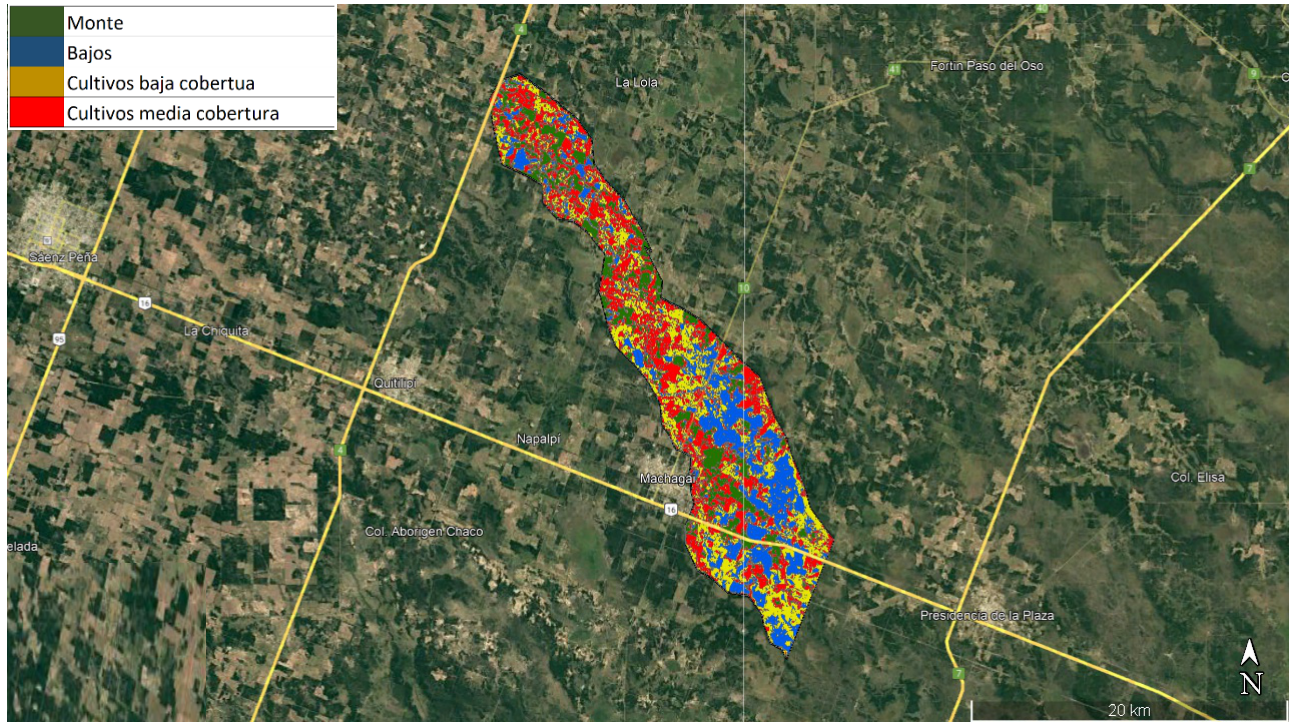
A partir del análisis de la imagen Sentinel 2B del 10 de marzo de 2025 y de observaciones complementarias en campo, se identificaron y clasificaron los principales usos y coberturas del suelo en la cuenca de aporte, a saber:

- Agricultura de media cobertura: zonas con cultivos de mayor densidad y desarrollo, lo que incrementa la capacidad de retención del suelo.
- Agricultura de baja cobertura: sectores con cultivos menos desarrollados, con mayor predisposición al escurrimiento superficial.
- Bajos: áreas correspondientes a depresiones naturales o paleocauces, identificadas por manchas de agua en imágenes satelitales, donde suelen producirse almacenamientos temporales.
- Montes: sectores con vegetación densa, sin intervención antrópica, que presentan altos niveles de infiltración.

A partir una clasificación supervisada de la imagen satelital, se discretizaron estos tipos de coberturas en la cuenca de estudio (Fig. 4). A cada categoría se le asignó un valor de CN (Tabla 3), con el fin de caracterizar la infiltración y la escorrentía directa en la modelación hidrológica.

Determinado el valor de CN, este fue ajustado a condiciones de humedad antecedente tipo III, conforme a lo prescripto por el método (Ecuación 1) y empleado posteriormente en el proceso de modelación hidrológica.

$$CN(III) = \frac{23 * CN(II)}{10 + 0,13 * CN(II)} = \frac{23 * 38}{10 + 0,13 * 38} = 59 \tag{1}$$



**Fig. 4. Clasificación de uso de suelos en sub cuenca.**

**Tabla 3. Áreas de uso dentro de la cuenca y CN asignado para cada uso.**

Zona	Área (km <sup>2</sup> )	Porción (en %)	CN asignado	CN ponderado
Monte	31,1	15	31	5
Cultivos media cobertura	69,3	34	35	12
Cultivos baja cobertura	58,6	29	38	11
Bajos	43,2	21	50	11
<b>Total</b>	<b>202,2</b>	<b>99</b>		<b>38</b>

### 3.5. Estimación del tiempo de concentración

Se aplicó la fórmula de retardo propuesta por el Soil Conservation Service (SCS, 1973), lo que permitió estimar el tiempo de concentración de la cuenca en función de su pendiente, longitud hidráulica y CN ponderada (Ecuación 2).

$$tc = 3,42 \cdot \left( \frac{1000}{CN} - 0,9 \right)^{0,7} \cdot L^{0,8} \cdot S^{-0,5} = 982 \text{ min} \tag{2}$$

Donde:

$tc$  = tiempo de concentración de la cuenca (minutos);

$CN$  = número de curva del Soil Conservation Service (adimensional) = 59;

$L$  = longitud hidráulica máxima del escurrimiento superficial (km) = 40,4 km;

$S$  = pendiente media de la cuenca (m/m) = 0,0002 m/m.

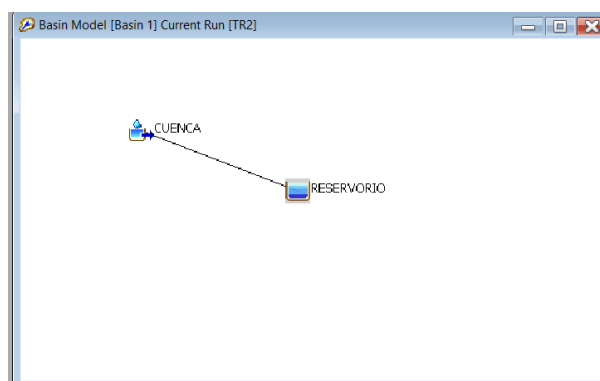
### 3.6. Modelación hidrológica

Se implementó el modelo HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System*) para la simulación de la transformación lluvia-caudal, empleando el método del SCS. El

esquema de modelación se estructuró en dos componentes principales: la cuenca de aporte, responsable de generar los excedentes hídricos a partir de las precipitaciones y el embalse producido por el camino Guayaibí, que actúa como regulador, atenuando los caudales resultantes. El paso de tiempo adoptado para la precipitación y el hidrograma de escurrimiento superficial fue de un día, debido a la dificultad de la toma de datos de lluvia que, generalmente, son diarios y además fue calculado el tiempo de concentración, mayor a 16h, sumado a los almacenamientos en cuerpos receptores, se aproximan a 24h, motivo por el cual se adoptó dicho valor como apropiado.

Este modelo ha demostrado una alta eficacia en variados estudios simulando eventos de precipitación - escurrimiento en cuencas con baja energía de relieve, permitiendo también evaluar la respuesta de subcuencas ante alteraciones físicas en el terreno con gran precisión [7], [8].

La simplicidad conceptual y operativa del modelo garantiza su aplicabilidad en otras zonas de la provincia, siempre considerando las particularidades de cada caso. En la Fig 5 se presenta el esquema de modelación adoptado.



**Fig. 5. Esquema de modelación utilizado.**

En lo referido al componente del reservorio, el modelo se parametrizó a partir de dos insumos fundamentales. En primer lugar, la relación entre la altura de la lámina de agua y la superficie inundada, que permitió representar el comportamiento volumétrico del embalse en función de los niveles alcanzados.

En segundo lugar, se definió la curva de control de salida de caudales, estableciendo para distintas alternativas de simulación las correspondencias entre altura de lámina y caudal de descarga. Estos elementos posibilitaron reproducir en la modelación el efecto regulador del reservorio sobre los excedentes hídricos generados por la cuenca de aporte.

Para la definición de la relación entre altura de lámina de agua y superficie inundada, se recurrió al análisis de imágenes satelitales a partir de las cuales se delimitaron las áreas efectivamente anegadas durante eventos críticos (Fig. 6). Con esta base se estimaron alturas máximas de almacenamiento, considerando la correspondencia entre superficie afectada y nivel de agua.

La altura máxima adoptada fue de 30 cm, valor coherente con las pendientes suaves y las condiciones geomorfológicas características de la llanura chaqueña, que condicionan tanto la extensión como la permanencia de los anegamientos (Tabla 4).

Para la construcción de las curvas de descarga del reservorio se analizaron dos escenarios: (i) sin camino Guayaibí (sin influencia antrópica), donde la descarga se representó como flujo natural sobre la red de drenaje, obteniendo la Ecuación 3; y (ii) con proyecto (camino existente), donde se modeló la presencia del terraplén con diez alcantarillas circulares de  $D = 0,60$  m, construyendo la curva de descarga como la suma de los caudales unitarios por conducto, bajo un régimen de “flujo tipo 3”, conforme a la clasificación de [9].

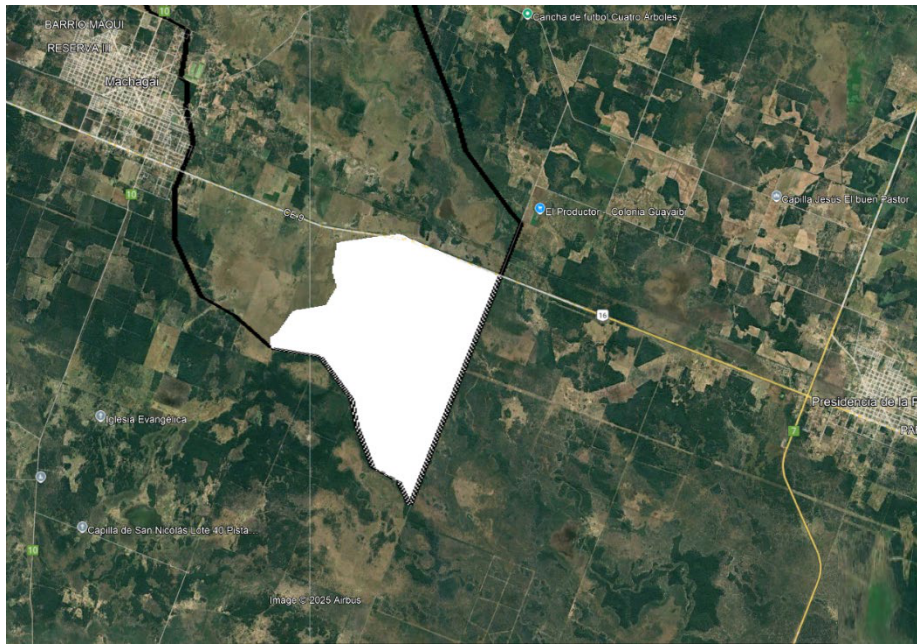


Fig. 6. Área del reservorio proyectado en margen aguas arriba del camino.

Tabla 4. Altura de lámina vs Áreas Inundadas.

Lámina de agua (m)	Área Inundada (ha)
0,00	0
0,10	727,8
0,20	1.455,6
0,30	2.205,4

Para esta alternativa se empleó una ecuación simplificada para el gasto a través de las alcantarillas, despreciando las pérdidas por fricción en el interior del conducto, tal como se expone en la Ecuación 4.

En la Fig. 7 se puede observar las curvas de descarga utilizadas para ambos escenarios de simulación.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot B \cdot h^{5/3} \cdot i^{1/2} \quad (3)$$

$$Q = N \cdot Cd \cdot Ac \cdot \sqrt{2g \cdot h} \quad (4)$$

Donde:

$Q$ : caudal de salida ( $m^3/s$ );

$n$ : coeficiente de rugosidad =  $0,015 \text{ s/m}^{1/3}$ ;

$B$ : ancho del escurrimiento =  $2.300 \text{ m}$ ;

$h$ : tirante de agua (m);

$i$ : pendiente del flujo =  $0,00015 \text{ m/m}$ ;

$N$ : número de alcantarillas =  $10$ ;

$Cd$ : coeficiente de descarga de las alcantarillas =  $0,7$ ;

$Ac$ : sección mojada en el ingreso a la alcantarilla;

g: aceleración de la gravedad = 9,81 m/s<sup>2</sup>.

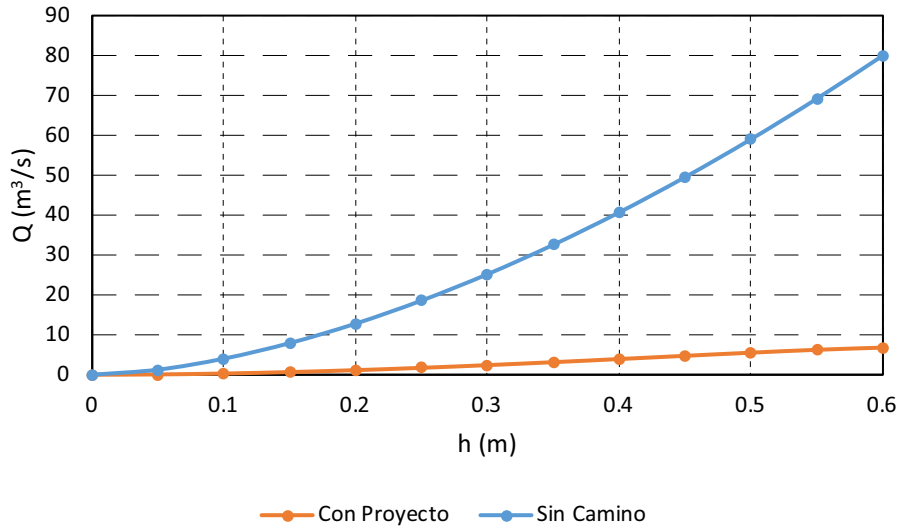


Fig. 7. Curvas de descarga del reservorio utilizadas para los escenarios de simulación.

#### 4. Análisis de Resultados

En las Figs. 8 a 11 se sintetizan los resultados obtenidos a partir de la modelación hidrológica realizada para los escenarios definidos en la metodología. Dichos escenarios contemplan precipitaciones de diseño con tiempos de recurrencia de 2 y 5 años, evaluando la respuesta hidrológica tanto en condiciones naturales como bajo la influencia del camino Guayaibí.

En las Figs. se observan los hidrogramas de entrada y salida al embalse, así como las variaciones de nivel generadas dentro del mismo, lo que permite comparar el comportamiento del sistema frente a diferentes condiciones de recurrencia y de infraestructura.

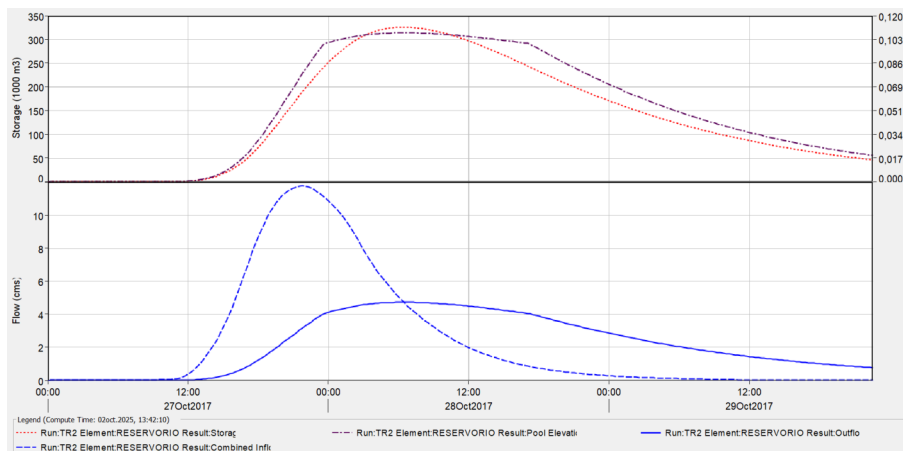
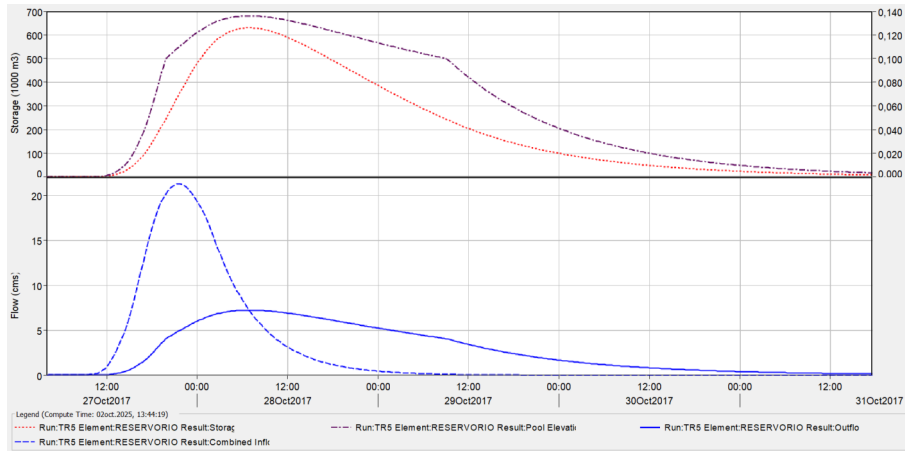
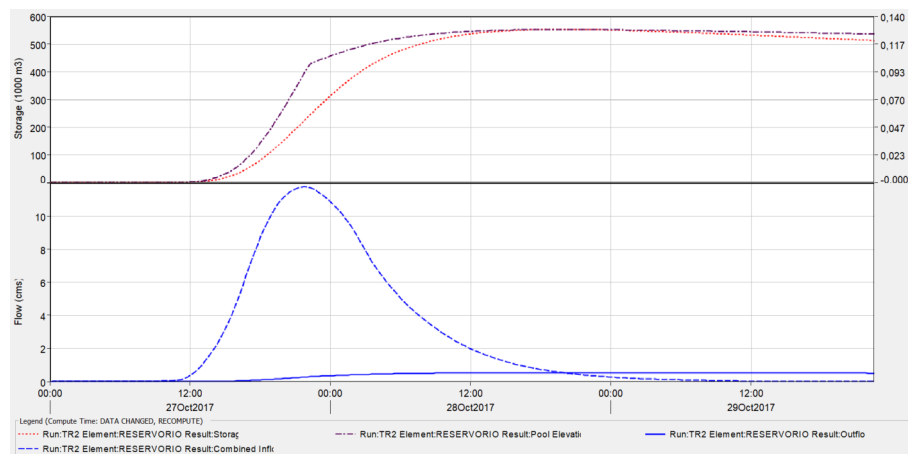


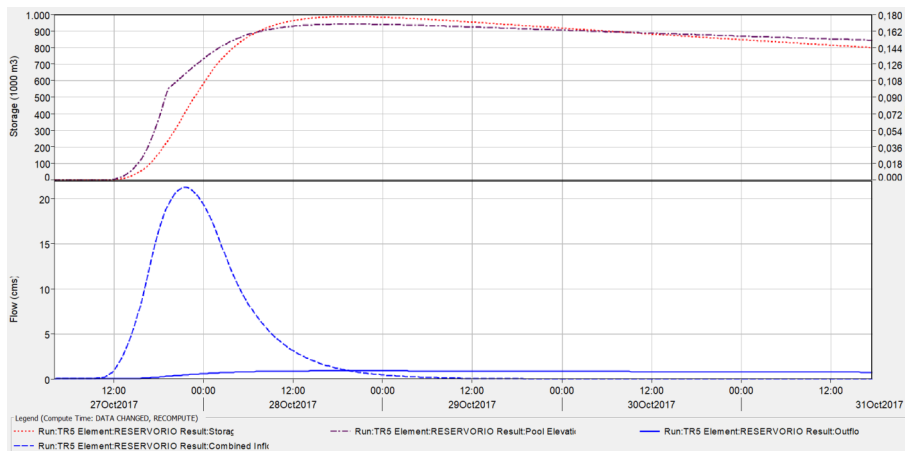
Fig. 8. Resultados del modelo – Escenario sin camino – TR=2 años.



**Fig. 9. Resultados del modelo – Escenario sin camino – TR=5 años.**



**Fig. 10. Resultados del modelo – Escenario con Proyecto – TR=2 años.**



**Fig. 11. Resultados del modelo – Escenario con Proyecto – TR=5 años.**

En virtud de los resultados obtenidos, se advierte que la presencia del camino Guayaibí, aun contemplando la correcta adecuación hidráulica mediante la disposición de diez alcantarillas, produce inevitablemente una reducción en los caudales de salida de la cuenca.

Esta disminución en la descarga se traduce en un mayor tiempo de permanencia de las aguas en las áreas anegables, lo que prolonga los períodos de inundación aguas arriba del camino. Además, los

niveles de altura de agua dentro del embalse no presentan variaciones significativas entre escenarios, lo cual responde a la escasa pendiente y a la reducida variabilidad del relieve propio de la cuenca.

En la Tabla 5 se detallan los caudales pico de salida ( $Q_p$ ) y tirantes máximos ( $h_{max}$ ) arrojados por el modelo ante distintos escenarios de modelación.

**Tabla 5. Análisis comparativo de los resultados de la simulación**

TR	Escenario			
	Sin Camino		Con Proyecto	
	$Q_p$ (m <sup>3</sup> /s)	$h_{max}$ (m)	$Q_p$ (m <sup>3</sup> /s)	$h_{max}$ (m)
2 años	4,73	0,11	0,53	0,13
5 años	7,24	0,14	0,83	0,17

## 5. Conclusiones

El análisis desarrollado permitió caracterizar la particular hidrodinámica de la cuenca Polvorín–Palometa, representativa de muchas cuencas del interior chaqueño.

La morfología de planicie, con pendientes mínimas y una marcada propensión al almacenamiento intermedio en esteros y cañadas condiciona el escurrimiento superficial lento, con elevada permanencia de los excedentes hídricos. Esta condición explica la alta sensibilidad del sistema frente a la presencia de infraestructuras lineales, como caminos y terraplenes.

La metodología aplicada, basada en la combinación de información satelital, estimación de precipitaciones de diseño y modelación hidrológica con HEC-HMS, demostró ser sencilla de implementar y fácilmente replicable en otras áreas de la provincia.

A pesar de su simplicidad conceptual, los resultados obtenidos reflejan con verosimilitud la dinámica del sistema y constituyen una herramienta útil para el análisis preliminar de alternativas de intervención.

Los resultados de la modelación ponen de manifiesto que la infraestructura vial incide principalmente sobre los caudales de descarga y sobre el tiempo de permanencia de las aguas dentro de la cuenca, incluso con una adecuada disposición hidráulica de alcantarillas. Se registra una reducción de los caudales de salida y en consecuencia, incremento en la duración de los anegamientos.

Sin embargo, se observa que las variaciones en los niveles de lámina de agua son mínimas, lo que se vincula a la escasa pendiente y la homogeneidad del relieve. De este modo, una adecuada planificación hidráulica de las obras permite mitigar variaciones bruscas en los niveles de almacenamiento, aunque no evita del todo los efectos sobre la dinámica de descarga y la persistencia de inundaciones.

Los resultados también evidencian que la presencia de almacenamiento de agua en cañadas, esteros y zonas bajas de la cuenca genera, de manera inevitable, una atenuación de los caudales de salida.

Esta función de regulación natural resalta la importancia de preservar dichos ambientes en la gestión de las cuencas de llanura, ya que su conservación resulta clave para reducir los impactos de los eventos de crecida y asegurar un manejo más eficiente y sostenible de los recursos hídricos.

## Referencias

- [1] Manoiloff, R., Rey, H. y Pérez, M. (2007). Atlas Geográfico de la Provincia del Chaco. Tomo I: El Medio Natural. Instituto de Geografía, Facultad de Humanidades, UNNE, Resistencia.
- [2] Kuppel, S., et al. (2015). The evolution of river network and floodplains in the Anthropocene: insights from the Argentine Pampas. *Hydrology and Earth System Sciences*.

- [3] Bruniard, E. D. (1975). El Gran Chaco argentino: ensayo de interpretación geográfica. Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia. Editorial EUDENE.
- [4] Cappelletti, L. M. (2024). Agua superficial de las llanuras del núcleo agroproductivo de Argentina: análisis basado en múltiples líneas de evidencia Tesis presentada para optar al título de Doctor en, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- [5] Caamaño Nelli, G., Fertoni, M., Prendes, H., Quinodoz, H. (1979). Análisis de sistemas hidrológicos no típicos- Bases teóricas y criterios metodológicos. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe. Argentina.
- [6] Orsolini, H. E., Zimmermann, E. D. y Basile, P. A. (2017). *Hidrología, Procesos y Métodos*. UNR Editora, cuarta edición, Rosario, Santa Fe, Argentina.
- [7] Feldman, A. D. (2021). Hydrologic Modeling System HEC-HMS: Technical Reference Manual. US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources.
- [8] Azmat, M., et al. (2016). Hydrological modeling to simulate response of highly glacierized catchment to climate change. *Journal of Hydrology*. (Validación de la capacidad predictiva de HEC-HMS en escenarios de cambio).
- [9] Bodhaine, G. L. (1968). Measurement of Peak Discharge at Culverts by Indirect Methods. *Techniques of Water-Resources Investigations of the U.S. Geological Survey, Book 3, Chapter A3*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.